

CURSO A DISTÂNCIA
COMISSÁRIO DE VOO

METEOROLOGIA



AeroTD
ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL



CNPJ	72.443.914/0001-38
Mantenedora	AERO TD ESCOLA DE AVIAÇÃO CIVIL LTDA - ME
Instituição	AERO TD Escola de Aviação Civil
Esfera Administrativa	Privada
Endereço (Rua, Nº.)	Rua Madalena Barbi nº 46.
Cidade UF CEP	Bairro: Centro - Florianópolis SC. CEP: 88.015-200
Telefone	0800 887 1555 (48) 32235191
Eixo Tecnológico:	Infraestrutura
Curso:	Comissário de Voo
Carga Horária Total:	159 horas

Sumário

Módulo I	5 a 27
----------------	--------



Fonte: inovabrasil.blogspot.com

MÓDULO I

METEOROLOGIA

INTRODUÇÃO

Caros alunos,

Os estudos no campo da meteorologia foram iniciados há mais de dois milênios, mas apenas a partir do século XVII a meteorologia progrediu significativamente. No século seguinte, o desenvolvimento da meteorologia ganhou um ímpeto ainda mais significativo com o desenvolvimento de redes de intercâmbio de dados em vários países. Com a maior eficiência na observação da atmosfera e uma mais rápida troca de dados meteorológicos, as primeiras previsões numéricas do tempo tornaram-se possíveis com o desenvolvimento de modelos meteorológicos no início do século XX.

Também na aviação a meteorologia ocupa relevante espaço e convido você a iniciar comigo seus estudos.

Vamos lá!

1.1 METEOROLOGIA

Meteorologia é a ciência que se destina ao estudo dos fenômenos que ocorrem na Atmosfera Terrestre. É um ramo da Geofísica, ciência natural que se ocupa da física do globo terrestre no que diz respeito à sua estrutura sólida (litosfera), líquida (hidrosfera) e gasosa (atmosfera).

É desejável que os membros de uma tripulação possuam um conhecimento básico das condições do tempo a fim de conhecerem e utilizarem de modo mais rentável as informações do “briefing” meteorológico.

Divisões da Meteorologia

Segundo a natureza de seu estudo, a meteorologia é dividida em **duas** grandes áreas:

Meteorologia Pura: estudo da meteorologia dirigido para o campo da **pesquisa**. **Ex.:** meteorologia climatológica, polar, tropical, sinótica, etc.

Meteorologia Aplicada: estudo da meteorologia dirigido para o emprego **prático** das diversas atividades humanas. **Ex.:** *meteorologia aeronáutica*, agrícola, marítima, industrial, etc.

Objetivos da Meteorologia Aeronáutica:

- ✓ **Segurança;**
- ✓ **Eficiência;**
- ✓ **Economia do voo.**

O representante brasileiro junto à **OACI** (Organização da Aviação Civil Internacional) é o **DECEA** (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) atuando na coordenação das Divisões de Meteorologia (D-MET) do Comando da Aeronáutica (COMAER), que é responsável pela **Meteorologia Aeronáutica**, cujo objetivo é a **economia, eficiência e segurança** das atividades aeronáuticas.

O representante brasileiro junto à **OMM** (Organização Meteorológica Mundial) é o **INMET** (Instituto Nacional de Meteorologia) que tem por missão coordenar as funções administrativas da Rede Meteorológica Nacional, tendo em vista aplicações da Meteorologia às diferentes atividades humanas, em especial às agropecuárias.

Informações Meteorológicas

Fases da Informação Meteorológica

Toda informação meteorológica gerada para fins aeronáuticos compreende as seguintes fases:

Observação: verificação visual ou instrumental dos elementos meteorológicos de um determinado local, numa determinada hora, feita pelo observador meteorológico localizado nas EMS's (Estação Meteorológica de Superfície) e nas EMA's (Estação Meteorológica de Altitude).

Divulgação: transmissão das observações meteorológicas observadas através de uma rede de dados interna.

Coleta: recebimento dessa mensagem num banco de dados (Banco de Informações Operacionais de Meteorologia "OPMET").

Análise: análise feita pelos previsores de tempo das mensagens observadas e confecção de cartas de previsão de tempo.

Exposição: exposição das observações, análises e previsões para pilotos e usuários em geral.

Ex: Sala AIS, telefone, sítio: www.redemet.aer.mil.br, etc.

1.2 A TERRA E O SISTEMA SOLAR

A contar do Sol, a Terra é o terceiro Planeta do Sistema Solar, situada entre Vênus e Marte.

Movimentos da Terra

A terra possui **dois** principais movimentos:

Rotação: movimento executado em torno do seu próprio eixo polar, de **oeste** para **leste**, com duração de 24 horas. Ele é responsável pelo **dia** e pela **noite** (aquecimento diurno e resfriamento noturno).

Translação ou Revolução: movimento segundo o qual a Terra percorre uma trajetória **elíptica** em torno do Sol, de **oeste** para **leste**, com duração de 365 dias e 06 horas. À vista dessas 06 horas, a cada 04 anos é acrescentado um dia a mais no ano, fenômeno este conhecido como *ano bissexto*. Ele é responsável pelas **estações do ano**. Ao descrever esse movimento, a Terra ocupa pontos específicos, são eles:

Solstício de inverno: *periélio*, aproximadamente em 22/12 (inverno no hemisfério norte).

Solstício de verão: *afélio*, aproximadamente em 21/06 (verão no hemisfério norte).

Equinócio vernal: aproximadamente em 21/03 (primavera no hemisfério norte).

Equinócio outonal: aproximadamente em 23/09 (outono no hemisfério norte).



Fonte: www.minerva.uevora.pt

Deve-se lembrar que esses pontos são definidos com relação ao **Hemisfério Norte**. Significa dizer que as estações do ano são opostas, ou seja, quando for verão no Hemisfério Norte, será inverno no Hemisfério Sul, se for outono no Hemisfério Norte, será primavera no Hemisfério Sul, e assim sucessivamente.

A Terra apresenta uma inclinação chamada **Eclíptica**, na qual consiste numa linha imaginária descrita pelo Sol em seu movimento aparente em torno da Terra. Tal inclinação faz com que os dias e as noites não tenham exatamente doze horas em todas as partes do mundo. A **inclinação da Terra é de 23°27'**.

Em função da Eclíptica, nos solstícios o Hemisfério que se acha em verão tem o Sol incidindo a pino sobre a latitude de 23°27', estendendo sua iluminação até o polo respectivo. A porção compreendida entre a latitude de 66°33' desse Hemisfério e o polo respectivo estará constantemente iluminada (dia polar). Por outro lado, a mesma porção correspondente do outro Hemisfério estará constantemente sem iluminação (noite polar), pois lá é inverno. Nos polos a 90° de latitude os dias polares e as noites polares apresentam-se com ciclos de duração aproximada de seis meses para cada um.

Noite Polar: de 16/04 a 28/08 no Hemisfério Sul.

Dia Polar: de 20/10 a 24/02 no Hemisfério Sul.

Planos de Referência e Coordenadas Geográficas

Planos de Referência

Latitudes ou Paralelos: são linhas imaginárias e paralelas em relação ao Equador 0° . Divide o mundo em Hemisfério Norte e Sul, com 90° para cada lado. A posição em cada paralelo é medida pela Longitude.

Paralelos Importantes:

Círculo Polar Ártico: $66^\circ 33'$ - Norte.
Trópico de Câncer: $23^\circ 27'$ - Norte.
Equador: divide o planeta em “dois” Hemisférios (norte e sul).
Trópico de Capricórnio: $23^\circ 27'$ - Sul.
Círculo Polar Antártico: $66^\circ 33'$ - Sul.

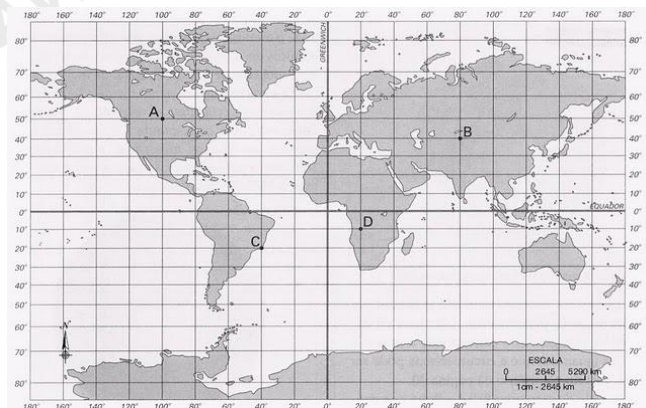
Latitudes Importantes:

Latitudes Equatoriais: sobre o paralelo do Equador.
Latitudes Tropicais: compreendida entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio.
Latitudes Subtropicais: compreendida entre $23^\circ 27'$ e 30° de cada Hemisfério.
Latitudes Temperadas: compreendida entre $23^\circ 27'$ e $66^\circ 33'$ de cada Hemisfério.
Latitudes Polares: compreendida entre $66^\circ 33'$ e 90° de cada Hemisfério.

Longitudes ou Meridianos: são linhas imaginárias oriundas do meridiano de Greenwich (0°). Divide o mundo em hemisfério ocidental (oeste) e oriental (leste), com 180° para cada lado.

Coordenadas Geográficas

As coordenadas geográficas surgem do cruzamento entre as latitudes e as longitudes, possibilitando que tenhamos pontos específicos que não se repetem nunca. Com esse mecanismo pode-se localizar qualquer ponto no globo terrestre.



Fonte: f1colombo-geografando.blogspot.com

1.3 ATMOSFERA

A atmosfera é inodora e incolor, composta pela mistura mecânica de *diversos gases, vapor d'água e partículas*, cada qual com sua função definida, envolvendo a superfície da Terra.

Composição

O ar, material que compõe a atmosfera, é uma mistura mecânica de diversos gases, dentre eles: Nitrogênio, Oxigênio, Argônio, Dióxido de Carbono, Hélio, Criptônio e Neônio. Outros gases são encontrados, mas em pequenas e variáveis quantidades. Esta composição é praticamente constante até 25 km.

Composição Padrão:

78% de Nitrogênio; 21% de Oxigênio; 0,93% de Argônio 0,04% de CO ₂
--

O vapor d'água existe na atmosfera, contudo não faz parte de sua composição. Ele é proveniente da evaporação da água constante na superfície. Quando a quantidade de vapor d'água na atmosfera está em 0%, diz-se que o ar está “seco”, entre 0% e 4%, diz-se que o ar está “úmido” e em 4%, diz-se “saturado”, que é o máximo de vapor d'água que um volume de ar pode conter.

Camadas

A atmosfera da Terra é geralmente dividida em duas grandes regiões: *baixa atmosfera* e *atmosfera superior*.

A **baixa atmosfera**, também conhecida como **troposfera**, é a camada menos tranquila da atmosfera. É a região de maior atividade nebulosa, nela acontecem os principais fenômenos meteorológicos, como as massas de ar, as frentes frias, as tempestades, os ventos, etc. No seu limite superior estão localizadas as correntes de jato (Jet Stream), cujo fluxo de vento é fortíssimo, às



Fonte: roberto-furnari.blogspot.com

vezes superior a 200 Kt (nós), predominando de oeste para leste nas latitudes temperadas.

A **atmosfera superior** começa no término da troposfera.

A União Geodésica Internacional, em 1951, estabeleceu uma divisão da atmosfera em camadas baseadas na distribuição vertical da temperatura. São elas:

TROPOSFERA: possui 07 a 09 km nos pólos, 13 a 15 km nas latitudes temperadas e 17 a 19 km no equador. Nela, a temperatura do ar tem um decréscimo de **0,65°C/100 metros ou 2°C/1000 pés**. Este decréscimo estende-se até a tropopausa, camada acima da troposfera.

TROPOPAUSA: camada de transição entre o topo da troposfera e a estratosfera, com uma espessura de 03 a 05 km. Possui como características a temperatura constante (isoterma) no seu interior, localizada entre a troposfera e a estratosfera.

ESTRATOSFERA: camada seguinte à tropopausa até aproximadamente 70 km acima da superfície terrestre. Nela inicia-se a difusão da luz solar, que acarreta na luminosidade do dia e no azul do céu, bem como ocorre uma concentração acentuada de ozônio (O₃) entre 25 e 50 km de espessura, formando uma camada conhecida como ozonoesfera ou camada de ozônio, na qual funciona como filtro para proteger e absorver a radiação ultravioleta penetrante.

OZONOSFERA: compreendida na **estratosfera**, com limites entre 25.000 e 50.000 metros.

IONOSFERA: atinge de 400 a 500 km. É a camada superior à estratosfera e tem como característica a presença de íons eletrificados. A ionização dessa camada é consequência da absorção de raios gama, raios-x e ultravioleta penetrante. Outra característica marcante é refletir as ondas hertzianas de rádio e incidência de “tempestades magnéticas” (perda da comunicação de rádio). Nessa camada começa a filtragem seletiva.

EXOSFERA: de 500 km até o limite exterior da atmosfera, limite esse que se confunde com o espaço interplanetário. É extremamente rarefeita, com limites não definidos, supõe-se que sua altura atinja 1000 km. Não exerce a filtragem seletiva da radiação solar devido a pouca densidade de suas partículas. Mudança gradativa da atmosfera terrestre em espaço interplanetário.

Processos de Filtragem dos Raios Solares

Absorção: A absorção é feita por certos constituintes atmosféricos para determinadas radiações, sendo ozônio, oxigênio, o gás carbônico e vapor d'água os principais absorvedores.

Difusão: É o processo físico pelo qual os raios solares são difundidos, sendo responsável pela luminosidade diurna. A cor de fácil difusão é o azul.

Reflexão: Parte dos raios luminosos é refletida de volta para o espaço.

Albedo de uma superfície: Chama-se albedo a relação entre a radiação refletida e a incidente. O albedo médio da Terra é de **0,35** ou **35%**. Superfícies mais claras, lisas e brilhantes possuem um maior albedo.

Insolação: É a quantidade de energia que consegue atingir a superfície terrestre após sofrer os efeitos de filtragem seletiva da atmosfera. É o fator primordial do equilíbrio calorífico na atmosfera terrestre. A insolação, em decorrência da eclíptica, é máxima no verão, mínima no inverno e média nos equinócios.

Efeito estufa: é um processo que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência disso, o calor fica retido e não é liberado para o espaço. Esse efeito é vital para a vida, mas seu excesso prejudica. O vapor d'água, mais poderoso dos gases estufa, está presente nas partes inferiores da atmosfera e, dessa forma, a maior parte da absorção da radiação se dará na sua base.

Variações dos Parâmetros Atmosféricos

Os parâmetros atmosféricos são: *pressão, densidade, temperatura*, etc.

Regra geral: com o aumento da altitude, a pressão, densidade e temperatura diminuem.

A densidade depende também da umidade. Quanto **maior a umidade, menor é a densidade** do ar, pois o vapor d'água que constitui a umidade é mais leve que o oxigênio e o nitrogênio que compõem o ar.

A temperatura pode sofrer **inversão térmica**, na qual consiste no **aumento da temperatura com o aumento da altitude**.

Além disso, os parâmetros atmosféricos sofrem diversas alterações devido às influências meteorológicas.

NOTA: Como a pressão atmosférica diminui quando a altitude aumenta, este fator é aproveitado para a construção dos altímetros, objetos que medem a altitude de voo das aeronaves. Eles são barômetros aneróides que usam a diferença de pressão para indicar a altitude. Fazem a conversão da diferença de pressão em altitude numa razão média de **1 hPa = 9 metros ou 30 pés**.

Pressão Atmosférica

Como visto, a atmosfera é uma mistura de diversos gases que, de forma individual, exercem uma pressão parcial sobre ela. A pressão total, consistente na soma de todas as pressões parciais dos elementos componentes da atmosfera, é chamada de “Pressão Atmosférica”.

Conceito de pressão: é a força exercida pela unidade de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

A atmosfera é constituída de ar. A massa de ar que envolve a Terra é atraída pela ação da gravidade na qual exerce um peso sobre sua superfície, denominado pressão.

É importante esclarecer que a pressão na superfície varia de acordo com a massa de ar e sua densidade. Assim, a mesma pressão na superfície pode ser resultante de uma grande concentração de ar ou da densidade resultante da temperatura do ar.

A pressão atmosférica varia com:

Temperatura: a pressão diminui com o aumento da temperatura.

Umidade: a pressão diminui com o aumento da umidade.

Densidade: quanto maior a pressão, maior a densidade.

Altitude: a pressão diminui com o aumento da altitude.

O instrumento utilizado para **medir** a pressão é chamado de “**barômetro**” e o utilizado para **registrá-la** é chamado de “**barógrafo**”. O primeiro barômetro inventado foi o de mercúrio por Torricelli, em 1643. Posteriormente surgiram outros, dentre os quais, o barômetro metálico ou aneróide.

Atmosfera-Padrão (OACI – Organização da Aviação Civil Internacional)

A solução para muitos problemas relacionados à Meteorologia, especialmente na Aeronáutica, foi o estabelecimento de uma atmosfera que pudesse ser tomada como referência para os estudos realizados nesse campo.

Para esse fim, foi concebida uma atmosfera padrão, de modo que seus elementos variáveis obedecessem a um critério padronizado e constante que pudessem ser utilizados para comparação com elementos reais. Assim, a temperatura, pressão, densidade, composição, etc., tiveram valores estabelecidos e constantes.

A atmosfera-padrão, aprovada pela OACI, ficou conhecida como “**ISA**” (*Icao Standard Atmosphere*).

Segue abaixo alguns conceitos da ISA:

Nível do mar: Valor médio da Terra, que para esse efeito é considerada como uma esfera perfeita, lisa e com volume correspondente.

Altitude: Distância vertical que separa um ponto no espaço do nível do mar.

Altura: Distância vertical que separa um ponto no espaço da superfície do solo ou do mar.

Nível: Qualquer superfície paralela à superfície do mar.

Características da atmosfera-padrão - ISA: o ar é considerado seco e puro (ausência de vapor d'água e impurezas).

Composição: 78% de Nitrogênio; 21% de Oxigênio; 0,93% de Argônio; 0,04% de CO₂.

Altura da atmosfera: 20.000 metros ou 65.000 Ft/pés.

Temperatura na base da tropopausa: 56,5°C.

Pressão ao nível do mar: 1.013,25 hPa ou 760 mm de Hg ou 29,92 Pol. de Hg.

Temperatura ao nível do mar: - 15°C ou 59°F ou 288°K.

Gradiente vertical térmico: - 0,65°C/100 metros ou 2°C/1.000 pés ou 3,6°F/1.000 pés.

1.4 CONCEITOS DE CALOR E TEMPERATURA

Calor é a energia que se origina do movimento molecular de um corpo ou meio. Ele é, portanto, uma modalidade de energia que é transmitida de um corpo para outro quando entre eles existe uma diferença de temperatura. Esse deslocamento, quando aquecido, aumenta de volume e, quando resfriado, diminui.

As sensações táteis de “quente” e de “frio” que transmitem a primeira noção de temperatura.

Temperatura é uma grandeza escalar responsável por medir o grau de agitação das moléculas de um corpo ou meio.

Termômetro: fornece a leitura momentânea da temperatura.

Termógrafo: fornece a leitura e o registro da temperatura.

A temperatura em altitude é obtida através de sondagens feitas pelas estações meteorológicas de altitude (EMA's).

Propagação do Calor

RADIAÇÃO: é a transferência de calor através do espaço. Ocorre a transformação de energia térmica em radiação eletromagnética semelhante à luz e esta radiação é convertida em calor.



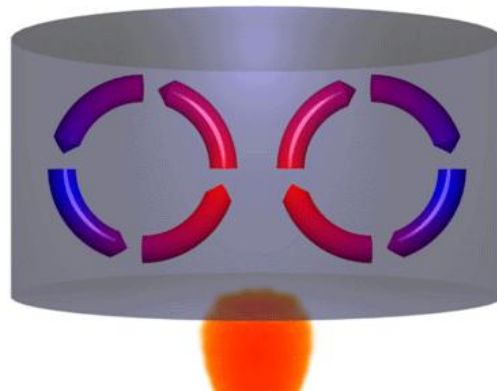
Fonte: www.infoescola.com

CONDUÇÃO: é a passagem direta de calor por contato (molécula a molécula). Seus movimentos são transferidos de uma para outra, gradativamente.



Fonte: aosmeusalunosdaescolaary.blogspot.com

CONVECÇÃO: é o processo de transferência de calor por movimentos verticais, formando correntes ascendentes e descendentes denominadas de “correntes convectivas”.



Fonte: pt.wikipedia.org

ADVECÇÃO: é a transferência horizontal de calor na atmosfera pelo movimento do ar (vento).



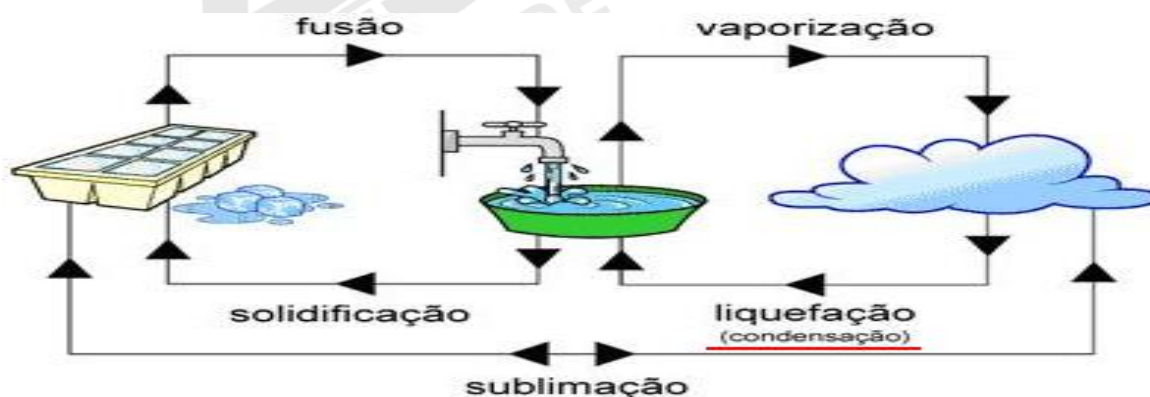
Fonte: yesachei.net

1.5 ÁGUA NA ATMOSFERA

A água está presente na atmosfera em seus três estados físicos: **GASOSA, LÍQUIDA e SÓLIDA**. Ela passa para a atmosfera por meio da evaporação de rios, oceanos, lagos, etc.

Mudanças de Estado Físico

Condensação: Vapor para líquido.	Evaporação: Líquido para o gás.
Sublimação: Vapor para sólido e sólido pra vapor, diretamente.	Solidificação: líquido para o sólido.



Fonte: www.colegioweb.com.br

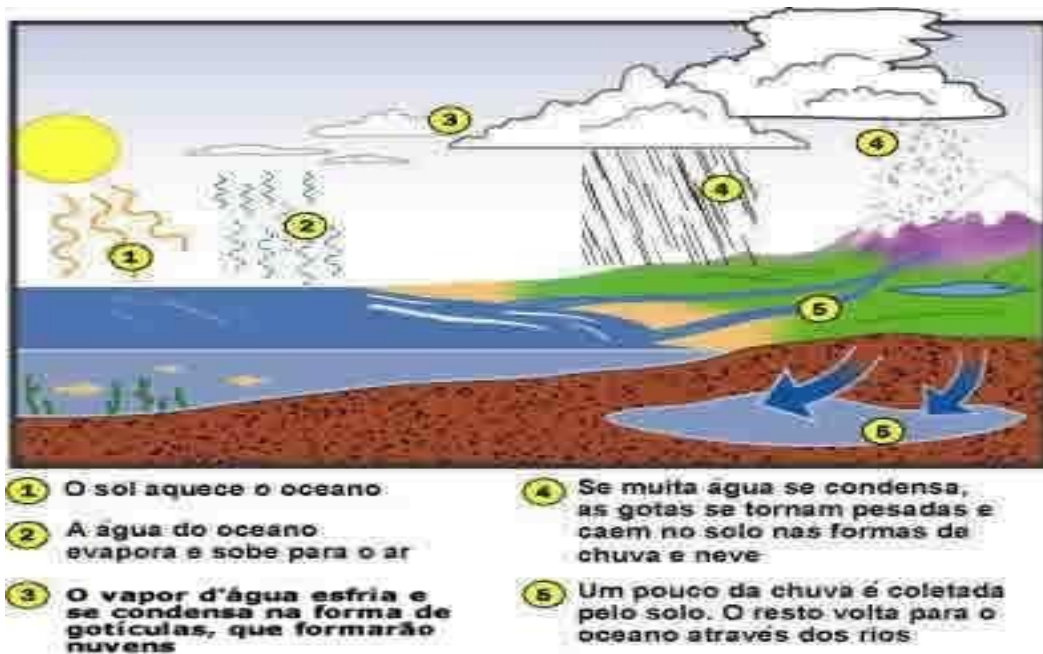
Ciclo Hidrológico

É a circulação contínua da água entre a hidrosfera (superfície líquida) e a atmosfera (superfície gasosa) por meio da evaporação e seu retorno posterior à superfície pelas precipitações.

As precipitações podem ser: **LÍQUIDAS** (chuvas ou chuveiros) e **SÓLIDAS** (neve ou granizo).

A capacidade máxima do ar de conter água na forma gasosa é de **4%** do volume desse ar. Quando isso ocorre diz-se que o ar se encontra **SATURADO**.

0% de vapor d'água = ar seco
0% e 4% de vapor d'água = ar úmido
4% de vapor d'água = ar saturado



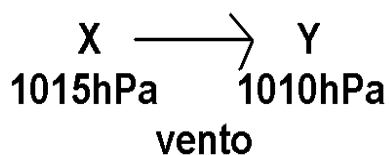
Fonte: www.reidaverdade.net

Ponto de orvalho: é a temperatura que um volume de ar precisa atingir para se tornar saturado a uma determinada pressão constante.

Umidade relativa do ar: é a relação entre a quantidade de vapor d'água presente em um certo volume de ar e sua capacidade de saturação. A umidade relativa do ar é expressa em porcentagem de 0 a 100.

1.6 VENTOS: CARACTERÍSTICAS E EFEITOS SOBRE AS AERONAVES

Vento é o ar em movimento na horizontal impulsionado pela diferença de pressão entre dois pontos. O vento sopra da maior para a menor pressão. Quanto maior a diferença entre as pressões, maior será a velocidade do vento.



O movimento do ar pode ser dividido em *horizontal* e *vertical*. Os movimentos **horizontais** são chamados de **ventos** e os **verticais** recebem a denominação de **correntes** (ascendentes e descendentes).

Os ventos que sopram dentro da camada entre o **solo** e **100m** são chamados de **ventos de superfície**, e os que sopram de **100** a **600m** são chamados de **ventos de altitude**.

Se somente a **força do gradiente de pressão** atuasse sobre o ar em movimento, o vento sopraria sempre e diretamente da **ALTA** pressão para a **BAIXA** pressão. Todavia, outras forças se fazem presente nos diversos tipos de ventos, tais como:

1. FORÇA CENTRÍFUGA
2. FORÇA DE CORIÓLIS
3. FORÇA DE ATRITO

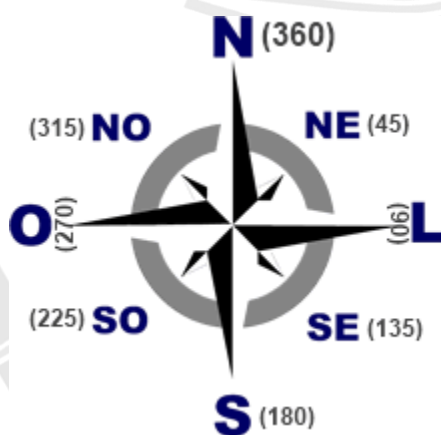
1. FORÇA CENTRÍFUGA: ela força o ar para fora do centro de curvatura, opondo-se à força centrípeta em toda trajetória curvilínea. É responsável pela rotação da terra.

2. FORÇA DE CORIÓLIS: é a força desviadora do vento devido ao movimento de rotação da terra. É resultante da força centrífuga e da de gravidade. A deflexão sempre é feita para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul. Essa força é mais intensa nos polos e nula no equador.

3. FORÇA DE ATRITO: ocorre próxima à superfície e produz um efeito de turbilhonamento, alterando a direção e a velocidade do vento.

Descrição do Vento

Os ventos são caracterizados por **sentido/direção**, **velocidade/intensidade** e, **caráter**. A **sentido/direção do vento** é considerada de onde ele “vem” e é dada em uma escala que gira no sentido horário, na qual o $000^0/360^0$ é o Norte, o 090^0 é o Leste, o 180^0 é o Sul e o 270^0 é o Oeste.



Fonte: mapa.maparadar.com

O centro (o) do círculo é o ponto de observação. O vento, para *fins meteorológicos*, é informado em relação ao *norte verdadeiro* e, para *fins de navegação*, é informado em relação ao *norte magnético*.

A **velocidade/intensidade do vento**, na aviação, será sempre dada em **nós (Kt)**, que equivale a milha náutica percorrida na unidade de tempo (hora). Uma milha náutica equivale a 1,852 km ou 1.852 metros.

O **caráter do vento** é a sua regularidade de fluxo. Ele pode variar ou não em direção e/ou velocidade. Variando em direção diz-se que ele é VARIÁVEL. Quando varia em velocidade, e num curto espaço de tempo, diz-se que é “RAJADA” (mais que 10 kt em relação à média da velocidade).

Os **ANEMÔMETROS** são instrumentos que indicam simultaneamente a **velocidade e direção** dos ventos e ficam instalados em estações meteorológicas e em torres de controle de aeroportos.

Por tudo que foi visto, constata-se que o vento possui grande influência na aviação, seja nos pousos, decolagens ou em voos em rota. Os procedimentos de pouso e decolagem, para manter a sustentação da aeronave, são realizados sempre contra o vento. Em rota, o vento de cauda pode resultar em uma economia de combustível e redução do tempo de voo, ao contrário do que ocorre com o vento de proa.

1.7 NUVENS

A água da superfície, ao evaporar para a atmosfera, tende a saturar o ar ambiente. A continuidade dessa evaporação tende a gerar uma super saturação, que é controlada pela presença de partículas sólidas em suspensão no ar. O vapor d'água condensa ou sublima em torno dessas partículas formando gotículas ou cristais de gelo que serão os componentes das nuvens e dos nevoeiros.

A quantidade de vapor d'água presente na atmosfera é denominada de umidade do ar. Passar-se-á a discorrer sobre alguns conceitos para posteriormente ficar mais fácil a compreensão sobre como ocorre a formação das nuvens:

Processos de Formação de Nuvens

Convecção: são Chamadas de *Nuvens Convectivas*, SEMPRE com aspecto CUMULIFORME.

Orográfico: a nuvem pode se formar em regiões montanhosas, sempre a BARLAVENTO (na frente das montanhas).

Advecção: é quando o fluxo de ar quente e úmido sobre uma superfície fria pode formar nuvens advectivas de aspecto ESTRATIFORME.

Dinâmico: forma-se devido ao deslocamento de massas de ar (frentes).

Classificação das Nuvens

Quanto ao **ASPECTO** físico:

ASPECTO CUMULIFORME: Indica *instabilidade atmosférica* (desenvolvimento vertical).

ASPECTO ESTRATIFORME Indica *estabilidade atmosférica* (desenvolvimento horizontal).

Quanto à **ESTRUTURA** física:

LÍQUIDA: Condensação (gotículas d'água - baixas altitudes - temperaturas positivas).

SÓLIDA: Sublimação (cristais de gelo - elevadas altitudes - temperaturas negativas).

MISTA: Condensação ou Sublimação (gotículas d'água + cristais de gelo - médias altitudes - temperaturas na faixa de 0°C).

Quanto à **ALTURA** de sua base:

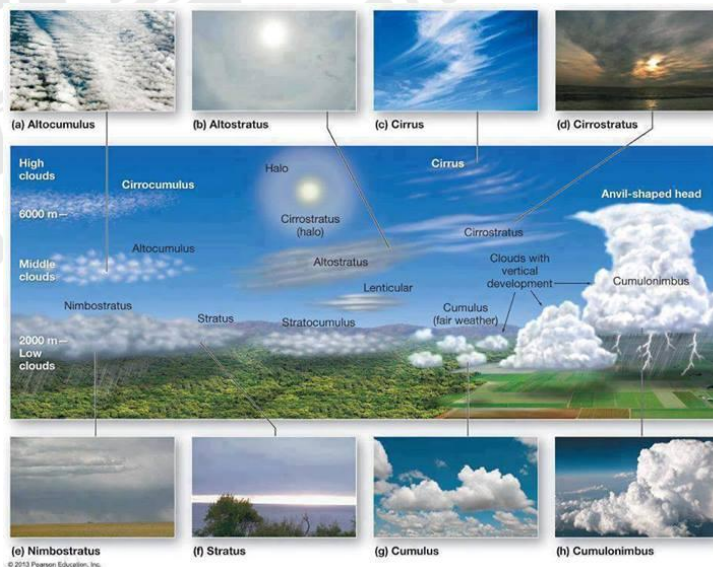
NUVENS BAIXAS: Até 2 km acima da superfície. Todas podem produzir precipitações e são de estrutura **líquida** (*cumulus*, *stratus*, *stratocumulus* e *cumulonimbus*).

NUVENS MÉDIAS: De 2 a 4 km (nos polos), de 2 a 7 km (nas regiões temperadas) e, de 2 a 8 km (nas regiões tropicais e equatoriais). São de estrutura **mista** (água e cristais de gelo) (*altocumulus*, *nimbostratus* e *altostratus*).

NUVENS ALTAS: Todas que se encontram acima das médias. São sempre de estrutura **sólida** (cristais de gelo) e não produzem precipitações (*cirrus*, *cirrostratus* e *cirrocumulus*).

Quanto ao **GÊNERO** (total de 10 nuvens):

1) **Cirrus (Ci):** É a única nuvem de estrutura totalmente **SÓLIDA**. É a mais alta de todas. Sua presença nos céus indica possíveis mudanças nas condições do tempo, podendo adquirir algumas formas, tal como o Rabo de Galo (Cirrus Uncinus), que indica a presença de ventos fortes em altitude. São bastante brancas e de aspecto fibroso ou filamentosas.



Fonte: profvladimir.blogspot.com

2) **Cirrocumulus (Cc)**: Indica a presença de **turbulência** em níveis elevados. Forma-se em ar *instável*.

3) **Cirrostratus (Cs)**: Veu uniforme e transparente que encobre total ou parcialmente o céu, produzindo o fenômeno do “**HALO**” e do chamado “Fogo de Santelmo”, que causa pequenas centelhas em algumas partes da aeronave (principalmente no para-brisa) devido ao acúmulo de energia estática causada pelo atrito dos cristais de gelo. Sua presença também pode indicar possível mudança nas condições do tempo.

4) **Alto Cumulus (Ac)** Indica turbulência em níveis médios e não produz precipitação capaz de atingir a superfície. É bem semelhante à *Cirrocumulus*, porém, pode ser vista em menor altitude.

5) **Altostratus (As)**: Veu espesso e uniforme que encobre total ou parcialmente o céu. Pode produzir chuva leve (normalmente contínua) e até neve. Não provoca o “HALO”. Se a aeronave voar dentro desse tipo de nuvem pode estar sujeita à formação em sua fuselagem do Gelo tipo ESCARCHA.

6) **Nimbostratus (Ns)**: Nuvem escura de aspecto ameaçador. Não é turbulenta em seu interior, mas pode produzir chuva moderada à forte, inclusive, neve. A aeronave que voar dentro desse tipo de nuvem também está sujeita à formação de gelo tipo ESCARCHA.

7) **Stratus (St)**: Nuvem muito baixa, em camadas uniformes e suaves. Possui cor cinza e quando está rente à superfície é o nevoeiro. Apresenta topo uniforme (ar estável) e produz chuveiro (garoa).

8) **Stratocumulus (Sc)**: É uma nuvem com uma característica especial: ela possui dois equilíbrios (estabilidade e instabilidade). Só é turbulenta em seu interior e é a única que se forma em equilíbrio condicional. Pode produzir chuva fraca e neve.

9) **Cumulus (Cu)**: Pode ser encontrada na forma de *Cumulus Humilis* ou *Cumulus* de bom tempo. Não produz nenhum tipo de precipitação. Sua estrutura é líquida e é de pequeno desenvolvimento.

10) **Cumulonimbus (Cb)**: É a nuvem de maior desenvolvimento. Tem em média 8 km de espessura e se forma normalmente entre 700 a 1.500 m. É a nuvem da trovoadas, por isso é a mais perigosa. Quando aparece esse tipo de nuvem pode-se esperar que ocorra um fenômeno denominado de “WIND SHEAR”, que é extremamente prejudicial às aeronaves. Pode também gerar queda de granizo.

1.8 NEVOEIRO

Fenômeno cuja constituição física assemelha-se a da nuvem, diferindo apenas no tocante à localização, uma vez que ele ocorre junto à superfície. Por definição, sua principal característica é de reduzir a visibilidade horizontal a **menos de 1.000 m**.



Fonte: aeronavega.blogspot.com

Em geral, o nevoeiro forma-se como fruto de uma inversão na superfície. Porém, a condição básica para sua formação é a temperatura do ar estar igual à temperatura do ponto de orvalho.

As condições para formação do nevoeiro são:

- Umidade relativa do ar elevada (97% a 100%)
- Núcleos higroscópicos abundantes (partículas sólidas em suspensão)
- Vento fraco (menor que 10kt)

1.9 TURBULÊNCIA

Na atmosfera observam-se dois movimentos característicos do ar: um **horizontal** feito de forma laminar e que se constitui no chamado **vento**, e o outro **vertical** feito de forma agitada, caracterizado pelas correntes ascendentes e descendentes, e que se constitui na **chamada turbulência**.

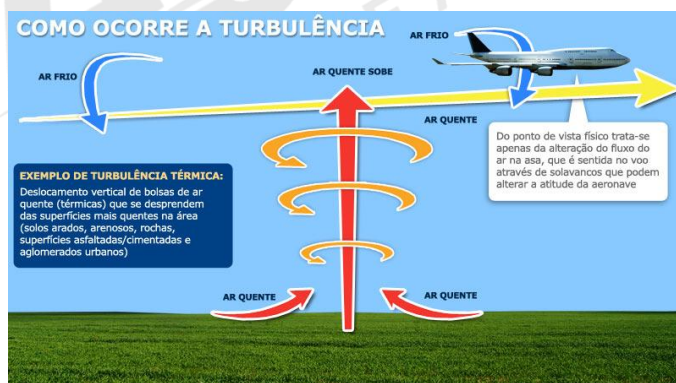


Fonte: hypescience.com

A turbulência é um dos fenômenos atmosféricos de grande importância para uma aeronave em voo, pois, além de oferecer sérios incômodos aos seus ocupantes, pode colocar sua estrutura física em jogo. De modo geral, ela pode ocorrer dentro e/ou fora das nuvens.

Tipos de Turbulência

1) Turbulência Convectiva ou Térmica: também denominada de termal, é aquela que ocorre devido ao efeito do gradiente térmico, tendo como causa o processo de convecção. Ela é mais comum e intensa no verão, sobre a terra e durante o dia, quando o aquecimento solar atinge o máximo. Trata-se do tipo mais comum de turbulência, estando associada às nuvens cumuliformes (frutos de instabilidade).

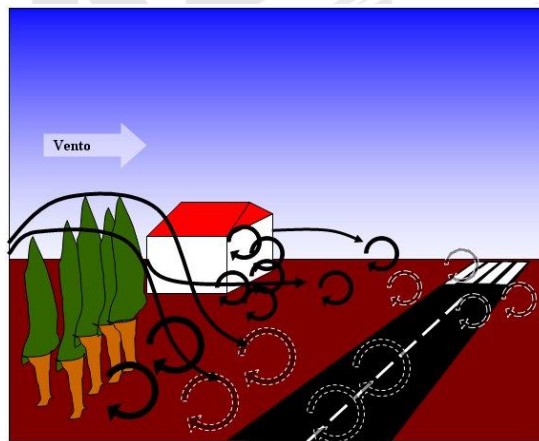


Fonte: voarnews.blogspot.com

2) Turbulência Orográfica: é a que ocorre como consequência de ventos fortes que sopram contra as encostas. O ar sobe, a barlavento, nas montanhas relativamente íngremes e descem do outro lado, a sotavento, formando uma onda no ar. Quanto maior o relevo e a intensidade do vento, mais intensa será a turbulência.

Ela é sempre mais intensa e irregular a sotavento, sobretudo próximo da montanha. É comum a formação de nuvens de aspecto cumuliforme sob a forma de lentes (lenticularis) nas cristas dessas ondas, indicando turbulência moderada ou forte.

3) Turbulência Mecânica ou de Solo: é a provocada pelo atrito do ar com um obstáculo. A topografia acidentada e as edificações podem provocar desvios no fluxo horizontal do ar atmosférico que gera esse tipo de turbulência. Quanto mais acidentada a topografia e forte for o vento, mais intensa e alta será a turbulência.



Fonte: meteoiberia.com

4) Turbulência Dinâmica: é formada pelo atrito entre ventos adjacentes que fluem de direções diferentes ou com velocidades diferentes. Existem três tipos de turbulência dinâmica, são elas:

a) Turbulência de céu claro: ocorre em uma parte do céu isenta de nuvens, entre **20.000 e 40.000 ft**. Essa turbulência é associada aos ventos fortes que ocorrem em altitude e a Corrente de Jato. Sua principal característica é de gerar vibrações rápidas e seguidas, desenvolvidas em áreas de extensão horizontal muito variável. É mais comum e intensa no Inverno e menos comum e intensa no verão.

b) Turbulência de cortante de vento (Wind shear): ocorre devido à variação na velocidade e ou da direção do vento de superfície a uma baixa altura, provocando um efeito de “tesoura” na aeronave. É muito perigosa durante o pouso e na decolagem.

c) Esteira de turbulência: trata-se de um tipo de turbulência dinâmica provocada pelo fluxo aerodinâmico sobre as asas de aeronaves de grande porte operando principalmente no solo. O fenômeno é resultante de um turbilhão que forma um vórtice (ar em movimento espiralado) e se propaga com perigo

para aeronaves de pequeno porte, até por volta de 150 metros à retaguarda e de duas a quatro vezes a envergadura da asa da aeronave geradora, lateralmente.

Intensidade da Turbulência

A intensidade da turbulência é definida pelo grau de influência que ela exerce sobre a aeronave. Por conta disso, é difícil sua classificação, uma vez que está intimamente relacionada a dois fatores: a experiência do piloto e o tipo de aeronave. Após observar esse princípio, pode-se classificar a intensidade em **leve**, **moderada**, **forte** e **severa** (ou muito forte).

1.10 MASSAS DE AR E FRENTES

Massas de Ar

Trata-se de um vasto volume de ar cuja estrutura apresenta características (pressão, temperatura e umidade) mais ou menos uniformes no plano horizontal.

Quanto maior o tempo que esse vasto volume permanecer sobre determinada região, mais homogênea ela vai ficando, tornando-a uma massa de ar.

Frentes

Quando uma massa de ar avança na direção de outra, determina com seu limite dianteiro um fenômeno denominado frente.

Dá-se o nome de *frontogênese* à formação ou regeneração de uma frente qualquer e de *frontólise* à dissipação ou degeneração.

Tipos de Frente

Frente fria: ocorre quando uma massa de ar polar avança sobre outra tropical e se apresenta mais intensa que a outra.

Frente quente: ocorre quando uma massa de ar tropical avança sobre outra polar e se apresenta mais intensa que a outra.

Frente estacionária ou semiestacionária: ocorre quando os dois centros de alta pressão se equivalem, induzindo o sistema frontal a ficar em equilíbrio (pouco ou nenhum movimento).

Frente oclusa: quando um ciclone frontal atinge sua intensidade máxima diz-se que se trata de uma frente oclusa.

Características das Frentes:

FRENTE FRIA:	FRENTE QUENTE:
• Mais rápida e violenta que a frente quente; • Velocidade de deslocamento em média de 36 a 40 km/h; • Formação de gelo; • Turbulência; • Sentido de NW para SE no hemisfério norte; • Sentido de SW para NE: no hemisfério sul; • Tempo frontal: nuvens cumuliformes, trovoadas e pancadas de chuva.	• Rampa frontal suave e inclinada no sentido do deslocamento; • Mais lenta e menos violenta que a frente fria; • Velocidade média de deslocamento de 25 km/h; • Sentido de SW para NE no hemisfério norte; • Sentido de NW para SE no hemisfério sul; • Tempo frontal: nuvens estratiformes, com precipitação leve, intermitente ou contínua.

1.11 TROVOADAS

A trovoada é uma **macro tempestade** manifestada por uma sequência de trovões que, na maioria das vezes, é acompanhada por precipitações intensas de chuva ou granizo e por ventos fortes. É originária da nuvem *Cumulonimbus* (Cb), que se desenvolve a partir de células convectivas. Sua identificação ocorre devido à manifestação elétrica, conhecida por relâmpago, que pode ocorrer: **a) entre duas partes da mesma nuvem; b) de uma nuvem para outra; c) entre a nuvem e a terra.**

Quando o trovão (som produzido - fenômeno acústico - fonometeoro) não se faz audível no local de observação, significa que ele ocorreu **a mais de 20 km** deste local.

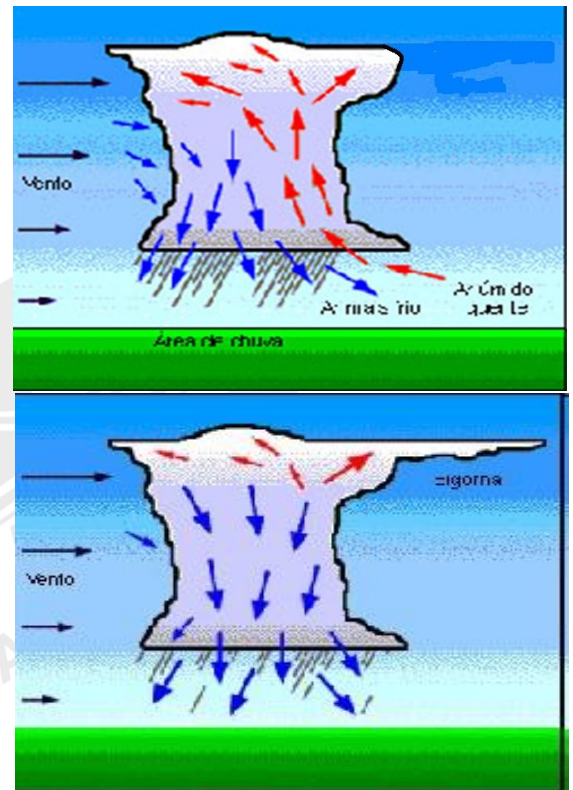
Para que se produza convecção necessária ao desenvolvimento de uma trovoada, é preciso que haja:

- ✓ **Suprimento suficiente de umidade**
- ✓ **Elevada razão de variação da temperatura na vertical**
- ✓ **Ar instável e corrente ascendente**

Estágios de Formação das Trovoadas

a) Estágio de *cumulus*: Representa o período inicial da célula total e surge a partir dos *cumulus*. Caracteriza-se por um **ÚNICO** fluxo de corrente **ASCENDENTE** que se reflete à superfície por meio de pressões ligeiramente baixas e de uma convergência suave de ventos.

Possui base horizontal e turbulenta. Após a nuvem transpor o nível de 0°C, adquire um aspecto congestionado e passa a se chamar de **TCU** (*Towering Cumulus*).

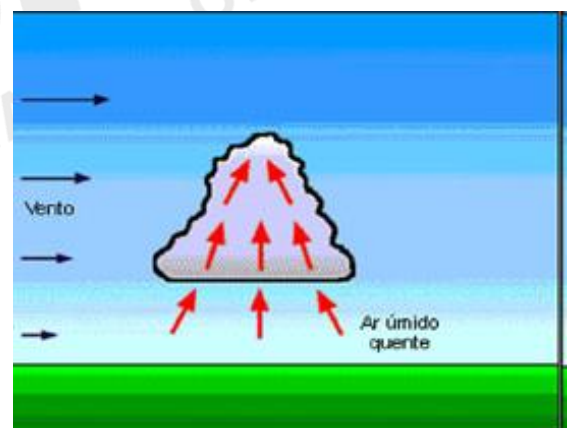


Fonte: www.dammous.com

b) Estágio de maturidade: Identificado pela chegada repentina da precipitação ao solo. O excesso de energia não utilizado para o crescimento vertical começa a se manifestar sobre a forma de relâmpago. O relâmpago pode se manifestar verticalmente na dianteira ou horizontalmente na traseira.

Esse estágio é caracterizado também pelo **EQUILÍBRIO** entre as correntes ascendentes e descendentes (*rajada à superfície*).

c) Estágio de dissipação: Tem início quando as correntes descendentes se espalham por toda célula, neutralizando-se a seguir. Possui as seguintes características: **1)** expansões laterais exageradas; **2)** nível mais baixo estratifica-se; **3)** topo toma a forma de bigorna; **4)** a alimentação de vapor d'água e a precipitação diminuem até pararem; e, **5)** morte da célula.



Fonte: www.dammous.com

Principais Fenômenos Associados

Precipitação: é líquida nos níveis inferiores (chuva), mista nos níveis médios (chuva, granizo e neve) e sólida nos níveis superiores (granizo e neve).

Turbulência: normalmente é mais intensa na parte dianteira do Cb, aumentando de baixo para cima e alcançando maior intensidade entre 1.500 a 3.000 m antes do topo. A turbulência pode se propagar até acima de seu topo, em céu isento de nuvens.

Granizo: é um verdadeiro perigo para a aviação e é encontrado no estágio de maturidade. Pode ser identificado visualmente por ser **esverdeado**.

Vento de rajada: ocorre como resultado das correntes descendentes que, ao atingirem a superfície, sopram para fora da vertical da nuvem.

1.12 FORMAÇÃO DE GELO EM AERONAVES

As duas condições básicas para a formação de gelo em aeronaves são:

- ✓ Presença no ar de gotículas d'água a 0°C ou menos;
- ✓ Superfície externa da aeronave a 0°C ou menos.

A intensidade da formação e tipo de gelo depende:

→ Do tamanho das gotículas; → Do grau de estabilidade do ar; → Da quantidade de gotículas

Tipos de Gelo:

Gelo opaco, amorfo, escarcha ou granular: Forma uma camada de gelo de pouca aderência e de forma irregular em ar estável. Característico das nuvens estratiformes, esse tipo de gelo não gera turbulência, possui pouco peso e é de fácil remoção. Ele deforma os bordos de ataque, alterando as características da aeronave.



Fonte: causosdeumaviador.blogspot.com

Gelo claro, cristal, liso ou transparente: Congelamento lento de grandes gotas super resfriadas. Adere fortemente à aeronave, sendo pesado e de difícil remoção. É típico de ar instável, predominante nas áreas de turbulência e apresenta muito peso. É o tipo mais perigoso.

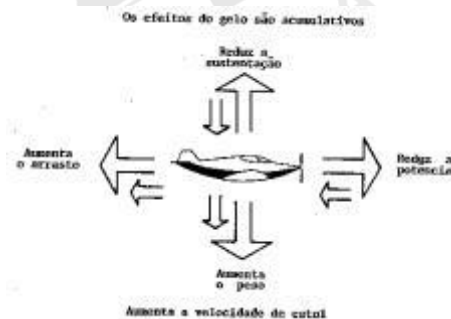
O gelo claro forma-se com temperaturas de 0° a -10°C, e o opaco abaixo de -10°C.

Geadas: tipo de formação de gelo não muito comum e que pode ocorrer em duas hipóteses:

- Quando uma aeronave, voando em zona de temperatura muito baixa (0°C ou menos) e mais elevada em altitude, penetra outra mais baixa, aquecida e saturada de vapor d'água. É um tipo de gelo que não pesa nem altera perfis, mas que veda a visibilidade quando aparece no para-brisa;
- Quando uma aeronave está estacionada ao relento e a temperatura na superfície é propícia para provocar a sublimação do vapor d'água presente no ar ambiente.

Efeitos sobre as Aeronaves

A formação de gelo em aeronave é um dos principais problemas meteorológicos para a aviação, sobretudo quando ocorre em voo. O perigo advém do fato de que o fenômeno afeta seu equilíbrio, pois diminui a sustentação e o impulso e aumenta o peso e o arrasto, dificultando consideravelmente o controle por parte do piloto e pondo em risco a segurança da aeronave.



Fonte: www.ebah.com.br



Encerrando a Disciplina

Calo aluno,

Aqui encerramos nossa disciplina. Esperamos que os conhecimentos aqui adquiridos possam ajudá-lo em sua profissão, e que a busca de novos conhecimentos possa fazer parte de suas metas.

Sucesso!